

ARENAS MARCADAS CON TRAZADORES RADIOACTIVOS PARA DETERMINAR EL ALTO DE FRACTURA

Autores: Ing. Fidel Angel Montiel , Ing. Osvaldo Luis Monti, Lic. Luis Gomez

Empresa :Comisión Nacional de Energía Atómica

- Resumen
- Introducción
- Trazadores radiactivos
- Nucleidos
- Características de las arenas marcadas
- Actividad a inyectar
- Velocidad de perfilaje
- Dosificación
- Ensayos de lavado
- Transporte del material radiactivo
- Referencias

Resumen

El siguiente trabajo, ha tenido como objetivo desarrollar arenas que tengan incorporado un nucleido radiactivo y que se comporten en forma idéntica a los materiales utilizados en los procesos de fractura hidráulica.

Estas arenas pueden ser localizadas por medio de la radiación que emiten, por lo que son una herramienta de gran utilidad para determinar el alto de fractura y si la cavidad realizada fue totalmente llena con el agente de sostén.

Introducción

La operación de fractura hidráulica, es un tratamiento de estimulación realizado en pozos de extracción de petróleo, con el propósito de aumentar la productividad.

Consiste en inyectar en la formación un fluido a presión y generar una cavidad que luego se rellena con un agente de sostén (arena), que impide que se cierre al finalizar el bombeo.

Con este tratamiento, se logra aumentar la conductividad en el volumen de captación del pozo, aumentando el rendimiento del mismo.

A fin de verificar el tratamiento realizado y optimizar el procedimiento, es necesario determinar el alto de la fractura realizada y el espacio ocupado por el apuntalador.

Para ello, los trazadores radiactivos son una herramienta de gran utilidad; son fácilmente detectados mediante perfilaje de rayos gamma, pudiéndose discriminar distintos tipos de nucleidos.

Con el uso de más de un nucleido, se puede obtener el alto de la fractura y determinar si la cavidad generada fue totalmente rellena por el agente de sostén.

Trazadores Radiactivos

Se denomina trazador, a cualquier sustancia que se comporte de la misma manera que el fluido a estudiar y que puede ser detectado mediante alguna característica especial.

Los trazadores radiactivos pueden ser localizados mediante la radiación que emiten y tienen múltiples aplicaciones en la industria, las mas conocidas son los balances isotópicos de mercurio efectuados en plantas de cloro-soda, detección de perdidas en cañerías enterradas, determinación de caudales en cauces de agua, medición de velocidad en napas subterráneas, estudio de movimiento de sedimentos, determinación de conexiones en pozos de petróleo, etc.

Cada aplicación requiere desarrollar el material trazador, que debe tener las mismas características físicas o químicas del medio a marcar o, formar una solución que se comporte de la misma manera.

En la industria petrolera, para determinar la dinámica de la interrelación entre los distintos pozos, se utiliza agua marcada con tritio (H^3), que se comporta como el agua de la formación.

En el caso de procesos de fractura hidráulica, el nucleido debe integrar un material que tenga las mismas propiedades que el fluido de fractura o material apuntalador y no debe desprenderse o lavarse durante el proceso, pues puede contaminar los elementos utilizados y dar falsa lectura de la señal radiactiva.

Nucleidos

Se denomina nucleido a cualquier especie atómica identificada por el símbolo químico, el número atómico, el número de masa y el contenido energético.

Algunos nucleidos tienden a modificar su estructura nuclear y esta transformación está acompañada por la emisión de radiaciones, por lo que reciben el nombre de radionucleidos.

Los materiales radiactivos o radionucleidos se desintegran mediante la emisión de radiación alfa, beta y gamma. Esta última consiste en la emisión de ondas electromagnéticas, que al interactuar con la materia se comporta como un flujo de partículas (fotones), sin masa, que se desplazan a la velocidad de la luz y son portadores de una cantidad discreta de energía.

Cada nucleido se desintegra de una manera particular, y los fotones emitidos tienen determinados valores de energía.- El ^{46}Sc (escandio 46), por ejemplo, emite fotones de 889 keV (kilo electrón Volt) y 1120 keV.

Mediante un sistema de espectrometría gamma, que registra cantidad de fotones y discrimina la energía de cada uno, se puede distinguir al radionucleido emisor.

La velocidad de desintegración de un radionucleido se denomina actividad. Su unidad de medición es el Bequerel (Bq) y equivale a una desintegración por segundo ($1\text{Bq} = 1\text{d/s}$) y sus múltiplos $\text{kBq} = 10^3\text{Bq}$ o $\text{MBq} = 10^6\text{Bq}$.

Una unidad todavía utilizada, que está siendo reemplazada, es el Curie (Ci) que corresponde a $3,7 \times 10^{10}\text{Bq}$, con sus submúltiplos (miliCurie) $\text{mCi} = 10^{-3}\text{Ci}$ y (microCurie) $\mu\text{Ci} = 10^{-6}\text{Ci}$.

El tiempo en que la masa de un radionucleido se reduce a la mitad mediante desintegración radiactiva, se denomina periodo de semidesintegración y se mide en unidades de tiempo.

Este tiempo es un valor característico de cada radionucleido. En los empleados como trazadores tenemos el Escandio (^{46}Sc) con $T = 83,8$ días; el Iodo (^{131}I) con $T = 8,04$ días, etc.

Características de las arenas marcadas

Se parte del material base (arenas) utilizadas en la estimulación, a las que se le incorporan compuestos químicos que al ser tratados en el reactor nuclear, se tornan radiactivos emitiendo partículas y fotones (rayos gamma).

La granulometría, densidad y forma de estas arenas, es la misma que tiene el material base utilizado en la fractura, por lo tanto durante el tratamiento, cuando son dosificadas en el flujo de fractura y de material apuntalador, se comportan de la misma manera que el resto del material no radiactivo.

El nucleido radiactivo se incorpora a los granos de arena, conformando lo que llamamos "arenas marcadas".- Esta incorporación se efectúa de tal forma que impide su desprendimiento. A esta característica, se la llama "de bajo lavado", y es fundamental en el momento de la aplicación. Gracias a ello no hay contaminación por liberación de material radiactivo y el perfilaje del pozo es efectuado en forma precisa y sin contaminar los elementos utilizados.

Las arenas que fueron utilizadas tienen las siguientes características:

- Granos cerámicos esféricos diámetro 0,8 a 0,9 mm
- Peso específico aparente : 1,84 g/ml

- Peso específico real : 2,87 g/ml
- Porosidad de la arena compactada = 36%
- Cantidad promedio de granos por unidad de peso= 1200 granos /gramo
- Radionucleido trazador : ^{46}Sc

Actividad a inyectar

Durante el procedimiento de fractura, las arenas marcadas son dosificadas en forma homogénea en la masa del material apuntalador mediante un equipo específico, y cuando este material se deposita en la cavidad generada, es muy probable que forme una corona rodeando al pozo .

La geometría de medición se asemeja entonces a una fuente cilíndrica con la sonda pasando por el eje longitudinal de la misma.

La actividad específica, o actividad por unidad de masa de la mezcla (Bq / tonelada , mCi/tonelada) debe ser de tal magnitud, que al efectuarse el perfilaje, la actividad detectada sea varias veces mayor a la actividad del fondo natural.

La actividad total, se determina multiplicando la actividad específica por la masa total del material utilizado.

La densidad de flujo de fotones en un punto, también llamada tasa de fluencia de fotones, es el número de éstos que pasan por la unidad de tiempo y de superficie, normal a la dirección de la radiación en dicho punto , se designa con la letra griega ϕ

Para una fuente cilíndrica

$$\phi = 2,96 * 10^9 * C_v * n * 2 \pi / [G (\mu_s h_1 ; \mu_s R_o) + G(\mu_s h_2; \mu_s R_o)]$$

Donde:

ϕ = Flujo de fotones (1 /(cm² seg)

C_v = actividad específica de la fuente (Ci/cm³)

n = Número de fotones por desintegración

μ_s = Coeficiente de atenuación del medio .

[$G (\mu_s h_1 ; \mu_s R_o) + G(\mu_s h_2; \mu_s R_o)$]= Función que considera la contribución al flujo, de la altura del cilindro y el radio de la fuente

Efectuando los cálculos, se determina que utilizando ^{46}Sc como trazador, la actividad específica debe ser de 3,7 MBq/tonelada (0,1 mCi/tonelada)

Velocidad de perfilaje

--Se adopta una velocidad de 0,15m/s = 9 m/min

Dosificación

- La relación entre la arena marcada con radionucleidos y el total de arena utilizado como apuntalador, es del orden de 20 gramos /m³

- La dosificación de la arena marcada, puede variar entre 5 a 30 gramos /minuto y depende, del caudal de fluido de fractura o apuntalador que el proceso determine introducir en el pozo.

-La Presión de la dosificación debe ser mayor a la que posee el fluido donde es introducida, entre 5 a 7 kg/cm².

- El equipo Dosificador, diseñado en el Centro Atómico Ezeiza, es impulsado por aire comprimido y consta de un recipiente que contiene un gel soluble en agua con el cual se mezcla la arena marcada.

Una vez que el gel y la arena conforman una mezcla homogénea, se inyecta en la cañería donde circula el fluido de fractura, regulándose la velocidad de inyección mediante el control de la presión de aire impulsora.

El equipo, diseñado bajo normas ASME, tiene la posibilidad de interrumpir la dosificación en cualquier etapa de la tarea si ello fuera necesario y dispone de un blindaje de plomo para evitar la exposición de los operadores.

Ensayos de lavado

Se ha verificado mediante experiencias de laboratorio la característica de no lavado del radionucleido incorporado a la arena.

Para ello fueron utilizados los siguientes elementos:

- Detector de centelleo de Na I (Tl) de 5 cm de diámetro
- Analizador multicanal "Ortec modelo 4001 M"
- Arena marcada con el nucleido ^{46}Sc , emisor gamma de energías 889 keV y 1120 keV
- Dispositivo experimental fabricado al efecto
- Solución de Cl H y Cl K en agua al 15% (Ácido Clorhídrico y Cloruro de Potasio)

El dispositivo experimental, genera un movimiento alternativo de dirección vertical, en un recipiente que contiene el material a ensayar.

Este contenedor tiene forma cilíndrica y las tapas son de malla de alambre tejido –Al ser introducido dentro de la solución de Cl H o Cl K las partículas de arena toman contacto con la solución y el movimiento alternativo, genera una corriente de dirección cambiante dentro del material y lo somete a la fricción entre partículas.

El cristal de centelleo se ubicó en la base del recipiente que contenía la solución de Cl H o Cl K, blindado con espesores de plomo para disminuir la radiación de fondo y el analizador multicanal se calibró para detectar las energías propias del ^{46}Sc .-Así, se pudieron efectuar mediciones previas, durante el ensayo y una vez finalizado, éste en la solución residual.

Los ensayos se efectuaron variando el período de oscilación en valores suficientemente altos, para reproducir las condiciones de trabajo a que el material será sometido durante su aplicación.

Transporte del material radiactivo

Para el transporte seguro de material radiactivo se debe cumplir con la norma AR 10.16.1, de la Autoridad Regulatoria Nuclear, para lo cual se desarrolló un bulto tipo BAE – III, compuesto de un recipiente de plomo cilíndrico, con capacidad para transportar 300g de arena con una actividad total de 1480 MBq (40 mCi), con tapa también de plomo, asegurada con cuatro bulones de 13mm de diámetro, hermetizada mediante junta o-ring.

Referencias

- 1) Mathematical theory of Radiation Dosimetry (Fitzgerald ; Brownell; Mahoney)
- 2) Transporte de materiales radiactivos AR 10.16.1 (Autoridad Regulatoria Nuclear)
- 3) Determination of fracture height by Spectral Gamma Log ,paper SPE 15439 ,1986 (Anderson J. A. ; Pearson C. M. ; et. al.)